

L'orage en Valais

par *Max BOUËT*

Il suffit de passer quelques étés en Valais, en particulier dans l'une des grandes vallées transversales de la rive gauche du Rhône, pour se convaincre que ce pays compte parmi les moins orageux de la Suisse ; avec un peu d'attention on aura remarqué le contraste opposant le pays valaisan au Plateau et au Jura, régions visitées par de nombreux orages, accompagnés souvent de chutes de grêle redoutées.

Donner à ces impressions superficielles un fondement plus solide, remplacer si possible l'approximation par la mesure, tel est le but de cette étude où l'on trouvera exposés quelques aspects de l'activité orageuse du canton alpin dont le climat, on le sait, présente des traits qui lui sont propres.

Les difficultés d'une telle recherche n'ont toutefois pas manqué car le matériel disponible n'est pas très riche ni très sûr. Tout ce que l'on a observé jusqu'ici en Valais concernant les orages souffre d'imprécisions qui en altèrent la valeur. Les observateurs des stations météorologiques n'ont pas toujours eu le temps ni le goût, il faut le reconnaître, de noter avec soin les manifestations, parfois discrètes, de l'orage ; trop souvent abandonnés à leur seule initiative, ils ont manqué de l'appui éclairé qui les eût guidés et conseillés. Au reste l'observation correcte des orages est malaisée, et les efforts des météorologistes suisses n'ont pas encore abouti sur ce point au succès que l'on pouvait espérer lors de la création en 1864 du réseau climatologique par la Société helvétique des Sciences naturelles.

Cela étant, j'ai tiré le meilleur parti possible de ce qui existe ; une expérience déjà longue du climat de montagne m'a permis de remédier dans une certaine mesure à la pauvreté des sources valables. Je me suis servi d'une part de notes personnelles s'étendant sur plusieurs années (*source B*), et de l'autre du travail très consciencieux d'un ancien météorologiste de la Station centrale suisse de météorologie à Zurich, *J. Mettler*, qui pendant plus d'un quart de siècle a collationné les nombreuses observations d'orages de toute la Suisse et en a donné

chaque année la liste, illustrée de cartes dans la publication officielle de cet établissement ⁽¹⁾ ; c'est ce que j'appelle la *source M.* De ce matériel soigné, j'ai choisi la période de 1901 à 1920 et j'en ai tiré tout ce qui concernait le Valais ; cela m'a dispensé de recourir séparément aux observations des stations météorologiques et de quelques postes pluviométriques ce qui, comme j'ai pu m'en convaincre, n'aurait mené à aucun résultat satisfaisant.

Nature des orages alpins

Il existe entre l'orage tel qu'il s'observe en plaine ouverte et celui des Alpes des différences importantes. Mais distinguons tout d'abord entre l'orage local et le grain orageux. Le premier se forme au cours de l'après-midi des journées chaudes et reste plus ou moins étroitement localisé ; vu de loin, il se manifeste par un gros nuage appelé cumulonimbus, développé en hauteur, aux contours bourgeonnants et arrondis et qui, au stade ultime de son évolution, affecte la forme d'un vaste champignon largement étalé et d'aspect fibreux qui n'est autre que sa partie glacée parvenue à sa plus haute altitude. A ce stade, le cumulonimbus coiffé de son « enclume » est presque toujours pluvieux et orageux ; entraîné par les courants d'altitude, il peut se déplacer lentement, mais jamais bien loin, car son existence est éphémère. On remarque en effet que ce nuage, après avoir atteint son plus grand développement s'effondre sur lui-même ou se dissipe, laissant le champ libre à de nouvelles cellules orageuses en formation.

Le grain orageux par contre se présente comme un ensemble ordonné de gros cumulonimbus, alignés sur plusieurs kilomètres ou dizaines de kilomètres. Le grain s'annonce de loin déjà par son aspect menaçant : une vaste panne nuageuse sombre bouche l'horizon, puis un bourrelet de nuages noirâtres et très bas, l'arc de grain, se dessine de plus en plus nettement et à son passage au zénith d'un lieu, c'est la brusque rafale de vent, l'averse violente accompagnée de tonnerre. Au bout de quelques minutes, le vent calmit, la pluie diminue et l'éclaircie s'annonce : le grain est passé. Sur le Plateau suisse, l'approche et le passage d'un tel grain sont un fort beau spectacle ; depuis les rives vaudoises du Léman il vaut la peine de suivre la progression plus ou moins rapide de l'arc de grain ainsi que de la rafale qui, de proche en proche, agite la surface de l'eau. Dans la règle le phénomène est accompagné d'une brusque hausse du baromètre et d'une chute rapide de température.

Ces deux types d'orage que relie d'ailleurs de nombreuses formes de transition s'observent également en Valais mais sous un aspect un peu différent. L'orage local se réduit souvent à quelques rares décharges au-dessus des crêtes, accompagnées de faibles averses de pluie très localisées ; il peut dans certains cas avoir une plus grande ampleur si l'humidité de l'air permet un développement plus important des cumulonimbus. Néanmoins ce type d'orage est en général très discret. Les grains orageux sont en Valais beaucoup plus rares et moins actifs que sur le Plateau ; l'arc de grain n'a plus la forme si caractéristique décrite plus haut et seul un œil averti en discerne la présence sous forme de nuées plus sombres, dispersées ou irrégulièrement alignées en travers de la vallée du Rhône. L'air froid du grain, gêné par l'étranglement des vallées, ne progresse que lentement ; dans de nombreux cas le phénomène perd à tel point son énergie que l'orage qui l'accompagnait sur l'avant-pays s'atténue et peut même s'éteindre complètement dans son parcours alpin.

Les jours d'orage

Comme il est très difficile de dénombrer individuellement les orages en un lieu donné, les météorologistes ont été amenés à utiliser pour mesurer leur fréquence le « jour d'orage ». Il existe malheureusement plusieurs définitions du jour d'orage ce qui rend les comparaisons délicates et parfois illusoire. La plus simple et la meilleure est celle qui repose sur l'audition du tonnerre, quelle que soit sa force, son éloignement et sa fréquence : toute journée au cours de laquelle on a entendu au moins un coup de tonnerre est réputée jour d'orage. C'est cette définition-là que personnellement j'ai toujours adoptée (source B) ; ce n'est pas celle qui est en vigueur dans le réseau des stations météorologiques suisses (source M) où la fréquence orageuse est de ce fait sous-estimée. J'ai utilisé deux méthodes et deux matériels distincts pour évaluer le nombre de jours d'orage en Valais ; si la première conduit à une image d'ensemble à peu près satisfaisante, la seconde m'a fourni un profil orageux géographiquement plus restreint, mais plus exact en ce qui concerne la valeur absolue des fréquences orageuses. Voici les deux méthodes et les résultats qui découlent de leur application.

a) Première méthode : source M.

La statistique de *Mettler* pour la période 1901 à 1920 constitue, malgré ses lacunes, une assez bonne base de travail. J'y ai relevé tous

les orages ayant intéressé le territoire valaisan, tant ceux dont on pouvait suivre la progression sur les cartes que les orages locaux signalés isolément par une ou plusieurs stations. J'obtins de la sorte une liste relativement complète des orages de cette période de 20 ans indiquant la date, l'heure, la direction de propagation et la trajectoire lorsqu'elles étaient connues, l'origine géographique et la région du canton visitée par eux. Ces régions, je les ai délimitées comme suit : 1) Le Bas-Valais, du Léman au coude du Rhône, y compris les vallées des Dranses ; 2) Le Centre, comprenant la vallée principale de Martigny à Brigue et les deux versants des chaînes bordières ; 3) La vallée supérieure du Rhône en amont de Brigue et que je nomme ici Haut-Valais.

D'après la source M, il y a eu de 1901 à 1920 en Valais 451 jours d'orage, soit environ 23 par an en moyenne ; ce nombre, certainement trop faible, comprend les orages généraux (grains) et locaux réunis. Ces 23 jours se répartissent dans l'année comme suit :

Jours d'orage en Valais, moyennes 1901-1920

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année
0,1	0,1	0,1	0,4	2,6	4,9	6,5	5,5	1,9	0,3	0,1	0,1	22,6

Les mois les plus orageux sont ceux de juillet et d'août, alors que sur le Plateau suisse ce sont ceux de juin et de juillet ; les orages d'hiver sont très rares. La saison orageuse débute plus tard que sur l'avant-pays, à fin mai seulement.

Les trois régions ci-dessus décrites sont, d'après cette même statistique, très inégalement orageuses : pour un orage du Haut-Valais, il y en a 8 dans le Centre et 13 dans le Bas ce qui pourrait bien correspondre à peu près à la réalité. Groupant les jours d'orage par régions, j'ai trouvé en moyenne 15 jours dans le Bas, 15 également dans le Centre et un seulement par an dans le Haut ; ce résultat me paraît par contre sujet à caution, car il semble que le Haut-Valais soit tout de même plus orageux que ne le laissent entendre ces nombres. Si la localité de Reckingen par exemple n'accuse en moyenne que deux jours d'orage par an (1901-1950), le Grimsel en revanche en aurait cinq d'après les observations effectuées de 1932 à 1950 ; on est en somme mal renseigné sur ce qui se passe réellement dans cette partie du canton. Le matériel de *Mettler* souffre du défaut de partir d'observations peu homogènes

et auxquelles l'absence de définition précise du jour d'orage confère une insécurité, variable d'une station à l'autre.

J'ai établi une comparaison entre le Valais et la Romandie divisée à cet effet en trois régions : 1) Le Jura vaudois et neuchâtelois, y compris les lacs jurassiens ; 2) La partie du Plateau limitée par un contour passant par Nyon, Estavayer, Kallnach, l'Aar jusqu'à Thoune, la Berra, Vevey et le Léman ; 3) Les Préalpes d'un secteur adossé au précédent et limité d'autre part par les lacs de Thoune et de Brienz, le Haslital, la crête des Alpes bernoises et le Rhône entre Saint-Maurice et Vevey. Dans chacune de ces trois régions j'ai dénombré les orages à trajectoire connue (donc en excluant les orages locaux proprement dits) de la période 1901-1920, ainsi que les jours d'orage : j'obtins alors les valeurs moyennes suivantes, par année, en ajoutant celles du Valais calculées de la même façon.

	<i>Jura</i>	<i>Plateau</i>	<i>Préalpes</i>	<i>Valais</i>
Orages	37	33	31	16
Jours d'orage	21	21	21	13

Ces nombres sont évidemment tous trop faibles puisque les orages locaux ont été laissés de côté : ils sont cependant comparables entre eux et donnent une image approximative de l'activité orageuse des quatre régions envisagées. Le nombre des orages, maximum dans le Jura, décroît constamment en direction du Valais où il n'est plus que la moitié de celui du Plateau ; cette décroissance sera d'ailleurs confirmée plus loin par une autre méthode d'investigation. En ce qui concerne les jours d'orage, on constate une grande uniformité du Jura aux Alpes avec 21 jours par an ; mais en Valais la moyenne est réduite aux deux tiers environ de cette fréquence.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le déficit orageux du Valais par rapport à l'avant-pays alpin apparaît clairement. Voici maintenant un autre moyen de le faire ressortir, propre en outre à livrer en des points donnés des valeurs absolues plus exactes de la fréquence orageuse.

b) *Deuxième méthode : source B.*

De mes propres observations faites à Leysin (1922-1926), à Montana (1947-1950) ainsi qu'à Lausanne j'ai pu tirer un profil de fréquences orageuses allant du Plateau vaudois aux Alpes bernoises et prolongé

jusqu'aux Alpes valaisannes grâce à la complaisance de Mme P. Valette qui a mis à ma disposition ses notes concernant le village d'Evolène en Hérens (1947-1951). Alors que dans le paragraphe précédent (source M) le jour d'orage était en somme mal défini et dépendait de l'appréciation personnelle de chaque observateur, il est dans ce qui suit fondé exclusivement sur le critère du tonnerre audible ; les fréquences orageuses qui découlent de ce point de vue sont par conséquent plus élevées ; de plus elles sont entre elles parfaitement comparables.

Le profil en question a fait l'objet d'une note antérieure ⁽²⁾ où en sont exposées les bases expérimentales ; je me borne à donner ici le résultat global. Partant de Lausanne, localité représentative du Plateau vaudois, le profil passe par le Bas-Valais (Leysin) et les Alpes bernoises (Montana), traverse la vallée du Rhône (Sion) et aboutit au centre des Alpes valaisannes (Evolène) ; il est représenté par le nombre moyen de jours d'orage par an des régions suivantes :

Plateau vaudois	30 jours
Bas-Valais	24 jours
Alpes bernoises, versant Nord	26 jours
Alpes bernoises, versant Sud	23 jours
Vallée du Rhône centrale	15 jours
Alpes valaisannes	11 jours

On voit apparaître de nouveau très nettement la diminution de la fréquence orageuse en allant du Plateau aux Pennines : il y a à Sion deux fois moins de jours d'orage qu'à Lausanne, et à Evolène environ trois fois moins. Cette décroissance de l'extérieur vers l'intérieur du massif alpin n'est pas propre au Valais ; c'est un phénomène caractéristique de l'ensemble de la chaîne et que le météorologiste autrichien *E. Ekhart* ⁽³⁾ a su mettre en évidence dans sa partie orientale. La présence des glaciers, peu favorable à la formation des courants ascendants des cumulonimbus orageux, et l'obstacle opposé par le relief à la pénétration des grains orageux dans les vallées longitudinales et transversales sont les causes principales de cette rareté relative.

Si l'on cherche à prolonger le profil au-delà des Alpes Pennines, du côté de l'Italie, on remarque que la fréquence des orages augmente à nouveau. Selon une recherche de *M. Bossolasco* ⁽⁴⁾ la fréquence des orages s'accroît rapidement à partir de l'arc alpin en direction de la plaine du Pô ; dans une région étroite et allongée, approximativement

jalonnée par les localités d'Ivrée, de Côme, de Bergame, de Vérone et aboutissant au Frioul, c'est-à-dire dans une bande longeant le pied même du versant Sud des Alpes, il existe un maximum orageux accusant une fréquence annuelle de plus de trente jours d'orage par endroits ; plus au Sud, la plaine du Pô proprement dite n'a que 20 à 30 jours d'orage, et les Apennins liguriens et toscans encore moins.

Origine géographique

J'ai classé, tant bien que mal, les orages de la série 1901-1920 (source M) selon l'origine géographique, c'est-à-dire selon le lieu présumé de leur formation ou de leur provenance. Cette recherche ne peut prétendre à une très grande exactitude, attendu que seul un réseau très dense de stations en Valais et au-delà de ses frontières, en France et en Italie, pourrait fournir à cet égard des renseignements circonstanciés. Toutefois les cartes dressées par *Mettler* où se lisent les trajectoires orageuses approximatives permettent un classement déjà instructif. 326 orages (non locaux) ayant atteint le territoire valaisan provenaient des régions suivantes :

Savoie	192 orages ou 59 %
Léman	33 orages ou 10 %
Pennines	28 orages ou 8 %
Alpes bernoises	25 orages ou 8 %
Diverses ou inconnues	48 orages ou 15 %

Plus de la moitié des orages valaisans ayant une certaine extension viennent donc de la Savoie ; il est probable qu'un grand nombre d'entre eux se forment dans les Préalpes du Chablais et du Faucigny ou dans le massif du Mont-Blanc ; quelques-uns se sont formés plus à l'Ouest encore. Certains orages passent de Romandie en Valais, d'autres prennent naissance dans les chaînes bordières au Nord et au Sud de la vallée du Rhône. Il ne semble pas que les orages piémontais atteignent les Pennines par le Sud, ou du moins très rarement. Les cartes de *Mettler* donnent parfois l'impression que des orages naissent dans la vallée du Rhône même et la remontent sur une certaine distance. J'ai tout lieu de croire que l'insuffisance des renseignements et la faible densité du réseau de stations faussent cette image et que les orages de cette espèce proviennent en définitive de l'un des massifs

montagneux. D'une façon générale, j'ai pu constater *de visu* qu'à l'encontre de l'opinion de *Cl. Hess* ⁽⁶⁾, selon lequel les orages alpins suivraient volontiers l'axe des vallées, ceux-ci se propagent de préférence le long des crêtes ; il est clair que dans le cas des grains orageux l'orage remonte les vallées, mais alors il sévit également sur les montagnes qui les bordent.

Les trajectoires

Des lieux d'origine passons aux trajectoires suivies par les orages, sur la base du même matériel cartographique (source M) ; les orages locaux n'entrent évidemment pas ici en considération. Voici comment se présente alors le classement ; sur 100 orages :

33 viennent de la Savoie, traversent le Bas-Valais et poursuivent leur chemin dans les Préalpes vaudoises ou sur le versant Nord des Alpes bernoises ;

15 viennent du massif du Mont-Blanc et remontent le Valais dans sa partie centrale ;

9 probablement originaires des Pennines, atteignent la vallée du Rhône et la remontent plus ou moins haut ;

8 remontent le Bas-Valais du NNW au SSE et quelques-uns d'entre-eux, le tiers environ, parviennent jusqu'au centre du canton en dépassant le coude de Martigny ;

11 longent la crête des Alpes bernoises de l'Ouest à l'Est ;

Le reste (24 %) appartient à d'autres trajectoires, moins typiques, en particulier aux orages très généraux et très vastes (grains) ayant affecté une grande partie du Plateau et dont le bord méridional seul avait atteint le Valais.

Ces trajectoires sont donc en majeure partie orientées WSW-ENE environ, sauf celles des orages remontant le Bas-Valais, d'ailleurs assez rares. Les orages ayant descendu la vallée du Rhône de Brigue à Sion ou de Martigny au Léman sont extrêmement rares ; je n'en ai rencontré que quatre exemples dans les 20 ans de la série 1901-1920. La trajectoire Mont-Blanc - Simplon, c'est-à-dire la crête des Pennines, que j'ai pourtant observée maintes fois depuis Montana ne ressort pas bien de ce matériel, faute évidemment d'observations suffisantes sur ce trajet ; elle est pourtant assez commune. Je souligne la grande

fréquence des orages venant de la Savoie et traversant la basse vallée du Rhône d'Ouest en Est et qui donnent naissance à la vaudaire d'orage.

Le cas d'orages ayant sévi sur la totalité du territoire valaisan semble très exceptionnel. Le seul exemple en 20 ans est celui du 22 août 1905, date à laquelle un vaste orage lié à un front froid traversa toutes les Alpes suisses, de la Savoie aux Grisons, et qui en Valais fut très violent ; ce cas est d'ailleurs passé dans la littérature météorologique classique puisqu'il est mentionné par *Hann* dans son ouvrage de base ⁽⁶⁾.

Enfin, pour compléter le tableau des trajectoires orageuses, j'ai encore classé les orages selon l'orientation de leur axe de propagation, lue sur les cartes de *Mettler*, et qui correspond à peu près à la direction du vent à moyenne altitude. Sur 315 orages à direction connue, 271 ou le 86 % venaient du secteur Sud à Ouest, 33 ou le 10 % venaient de l'Ouest-Nord-Ouest, et 11 seulement d'autres directions. A Lausanne, mes observations du cours des nuages lors des journées orageuses de la région m'ont donné pour les courants du secteur Sud à Ouest la fréquence relative de 92 %, résultat qui s'accorde bien avec celui du Valais. On peut donc affirmer qu'en Suisse romande et en Valais les orages sont amenés 9 fois sur 10 par des courants aériens soufflant du quadrant Sud à Ouest. Les azimuts les plus fréquents sont ceux de WSW et de SW : les orages amenés par le courant du Nord-Est sont très rares en Suisse occidentale.

La variation diurne

L'expérience la plus courante montre que l'orage n'apparaît pas avec une égale fréquence aux différents moments de la journée, et chacun sait que l'après-midi y est plus exposée que le matin. Pour apporter sur ce point les précisions nécessaires, je me suis servi de la statistique 1901-1920 (source M) dont j'ai relevé et classé toutes les heures, 861 au total, ayant présenté de l'orage en Valais en un point quelconque du territoire ; j'ai procédé de la même façon avec mes observations de Leysin et de Montana couvrant une période différente de la première (source B, 530 heures) et j'ai combiné les deux matériels en un seul tableau des fréquences horaires mettant en relief la variation diurne de l'activité orageuse ; je m'étais assuré auparavant que les deux sources fournissaient séparément des courbes de fréquences très semblables, rendant une fusion légitime. Ce sont donc 1391 heures d'orage qui ont servi à établir la liste que voici :

Heures d'orage en Valais : fréquences en pour cent (H. E. C.)

0 - 1 h.	1,2 %	12 - 13 h.	2,7 %
1 - 2	1,8	13 - 14	4,0
2 - 3	1,8	14 - 15	6,7
3 - 4	1,6	15 - 16	8,2
4 - 5	1,3	16 - 17	11,4
5 - 6	1,2	17 - 18	12,3
6 - 7	1,7	18 - 19	10,6
7 - 8	1,8	19 - 20	8,3
8 - 9	1,2	20 - 21	6,8
9 - 10	1,0	21 - 22	6,0
10 - 11	0,9	22 - 23	4,1
11 - 12	1,4	23 - 24	2,0

Le contraste entre le matin et l'après-midi est frappant : sur 1391 heures d'orage, 1157 tombent entre 12 et 24 h., de sorte que le 83 % des orages a lieu dans la seconde moitié de la journée. L'heure la plus orageuse est celle de 17 à 18 h. avec 12,3 % (fig. 1). Toutefois l'allure de la courbe brisée de la figure 1 laisse pressentir une courbe continue idéale dont le maximum serait situé à 17 h. environ. J'en conclus que le *maximum diurne de l'activité orageuse en Valais se place vers 17 h.* (H. E. C.), c'est-à-dire vers 16 h. 30 en temps local moyen.

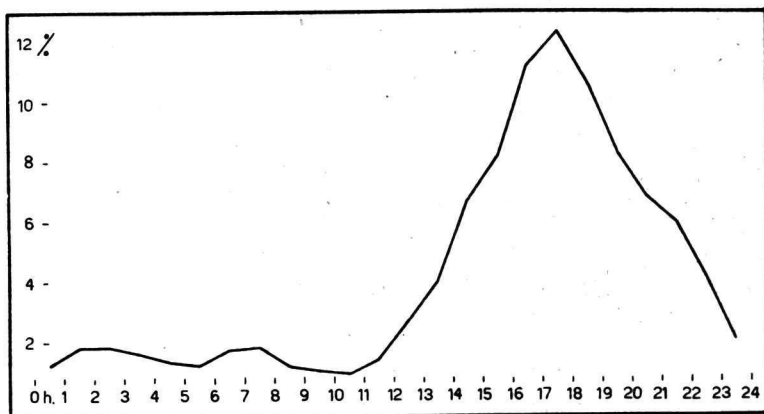


Fig. 1 — Variation diurne de l'activité orageuse en Valais. Fréquences relatives, en pour cent, des heures d'orage ; le maximum se trouve entre 17 et 18 h. (H. E. C.).

Or à *Lausanne*, les 726 heures d'orage que j'y ai observées fournissent une courbe de fréquences horaires dont le maximum est plus tardif ; c'est en effet vers 20 h. qu'il se place, la courbe étant dans l'ensemble plus étalée que celle du Valais. Les observations faites à l'Observatoire cantonal du Champ de l'Air à Lausanne (période 1931-1950) confirment d'ailleurs ce résultat puisque j'en ai déduit une fréquence orageuse maximum de 10,3 % entre 20 et 21 h. (H. E. C.) Le maximum orageux au cours du jour est donc à Lausanne en retard de 3 heures sur celui du Valais. L'activité orageuse, très faible le matin, augmente à partir de 10 h. aux deux endroits pour atteindre son point culminant vers 17 h. en Valais, vers 20 h. seulement sur le Plateau vaudois. Le décalage du maximum orageux entre les deux régions est certainement en rapport avec le régime des brises de versant et de vallée du canton montagneux ; ces brises diurnes atteignent en effet leur maximum vers 14 ou 15 h. environ par ciel clair, et à 17 h. en été elles commencent déjà à mollir pour disparaître au moment du coucher du soleil et faire place aux brises descendantes nocturnes. A partir de 17 h. les conditions d'ascendance de l'air autour des montagnes et par conséquent de la formation des cumulonimbus orageux deviennent de moins en moins favorables.

La structure des nuages orageux

Le nuage producteur de décharges électriques est le *cumulonimbus* dont la structure est aujourd'hui un peu mieux connue qu'autrefois ; c'est un nuage à développement vertical dont l'évolution peut se résumer comme suit. Le réchauffement du sol par l'insolation donne naissance à des courants ascendants au-dessus des collines et des crêtes montagneuses ; la condensation de la vapeur d'eau de ces courants se manifeste par les petits cumulus de beau temps aux dimensions modestes qui peu à peu prennent de l'ampleur et se transforment dès le début de l'après-midi en gros cumulus bourgeonnants aux contours arrondis et nettement dessinés. Ces cumulus s'amplifient et passent à l'état du cumulonimbus, puissants édifices verticaux s'élevant à très grande hauteur ; la tête de ces énormes nuages s'élargit, s'épanouit en prenant l'allure d'une enclume à l'aspect fibreux et enfin s'étale largement en un vaste parasol de grisaille envahissant lentement le ciel. Simultanément l'averse s'est formée, souvent accompagnée d'éclairs et de tonnerres.

Le développement du cumulonimbus et son aspect extérieur laissent aisément deviner l'existence d'un fort courant ascendant, courant dont la réalité a été maintes fois prouvée par des pilotes d'avion qui ont risqué la traversée de ces nuages toujours un peu dangereuse. Mais on avait d'autres part de bonnes raisons de croire à l'existence simultanée de courants descendants au sein du même nuage. Je crois juste de rappeler que le naturaliste vaudois *F. A. Forel* avait pertinemment remarqué il y a plus d'un demi siècle les vents divergeant à la surface du Léman autour des averses à caractère orageux, indice certain d'une descente d'air sous le nuage générateur. Depuis lors de nombreux météorologistes ont admis la possibilité de cette circulation à double sens dans le cumulonimbus ; mais c'est depuis peu que des observations directes sont venues apporter une confirmation expérimentale de ce phénomène. Les recherches d'une équipe américaine opérant en Ohio et en Floride avec de puissants moyens (sondages aérologiques, vols d'avions, mesures au sol, radar, etc.) ont jeté un jour nouveau sur la mécanique de ces intéressants nuages (7). Au début de leur formation, ceux-ci sont alimentés au sol par des courants convergeant des environs qui nourrissent la colonne ascendante ; dès que la pluie commence à tomber et que des décharges électriques se produisent, un courant descendant prend naissance qui, lorsque le nuage a perdu son énergie, s'est presque totalement substitué au premier. Ce vent descendant sous le cumulonimbus à averses, orageux ou non, s'observe très fréquemment en montagne ; atteignant parfois une force notable, il se substitue momentanément à la brise remontante normale sur les versants. Le phénomène de renversement du courant à l'intérieur de la nuée est accompagné de changements de température sur le détail desquels je ne puis entrer. Si le mécanisme du cumulonimbus est ainsi à peu près éclairci, il n'en est pas de même du processus physique donnant lieu aux décharges électriques, c'est-à-dire à l'orage lui-même ; ce dernier présente encore de nombreux points obscurs.

Les cumulonimbus orageux sont des nuages à très grande extension verticale, à l'encontre des autres types usuels beaucoup plus développés dans le sens horizontal et formant des strates infiniment plus longues qu'épaisses. La tête des cumulonimbus atteint des altitudes élevées, de l'ordre de 6 à 8 km., et même supérieures ; c'est dire que ces nuages dépassent toujours largement l'altitude des plus hauts sommets alpins.

L'altitude de base des nuages d'orage

Il existe plusieurs témoignages d'alpinistes selon lesquels ils se seraient trouvés au-dessus de l'orage et l'auraient donc observé en contre-bas de leur position. C'est là une erreur d'interprétation qui repose apparemment sur le fait qu'en montagne il peut arriver qu'un rideau de brouillard masque la partie supérieure d'un cumulonimbus et ne laisse voir la lueur des éclairs que dans la partie basse d'une vallée aperçue d'en-haut. En fait les nuages orageux sont si développés en hauteur que le foyer orageux se trouve toujours à une altitude dépassant 5000 m.

J'ai montré ailleurs ⁽⁸⁾ que le niveau moyen de la base des cumulus dans les Alpes valaisannes oscille entre 2300 m. le matin et 3600 m. l'après-midi. Admettant que la base des gros cumulonimbus orageux se trouve vers 3500 m. (sur mer), et considérant que ces nuages peuvent atteindre des dimensions verticales de l'ordre de 2 à 5 km., on voit que le centre de la nuée se trouve à une altitude très élevée. Le fait de pouvoir dominer un orage depuis un sommet de montagne est donc exclu.

Au bord de la mer le niveau de base des nuages cumuliformes se trouve en moyenne vers 1500 m. environ ; il est en Valais plus de 1000 m. plus élevé, du fait que le niveau moyen du pays est déjà plus haut et que l'air y est en général assez sec. On ne rencontre dans la vallée du Rhône comme nuages très bas que les mers de brouillard hivernales, assez rares, ou alors les brouillards déchiquetés de mauvais temps sous un plafond déjà bas.

Au lendemain d'une journée pluvieuse, en été, il est de règle que dès le début du jour des brouillards se forment contre les versants montagneux, vers 1500 m. ; plus l'insolation réchauffe le sol, plus le niveau de condensation s'élève. Les brouillards de versant passent à l'état de cumulus garnissant les crêtes et dont le niveau de base atteint 2000 puis 3000 m. et davantage. Chacun connaît les deux files de cumulus alignés le long des Alpes bernoises et valaisannes, laissant au-dessus de la grande vallée centrale un ciel parfaitement serein. Le soir venu, les cumulus disparaissent à l'altitude même qu'ils ont atteinte au cours du jour.

Si la situation météorologique générale est favorable aux orages (atmosphère humide, faibles gradients de pression), ces cumulus de beau temps prennent un développement plus grand ; ce sont alors les cumulonimbus, générateurs d'averses orageuses, dont j'ai exposé succinctement la structure interne.

Considérons maintenant un phénomène propre au Valais et que les explications précédentes permettent de mieux comprendre.

La vaudaire d'orage

On a vu plus haut qu'il existe une trajectoire orageuse particulièrement fréquente, celle qui va des Alpes de Savoie vers les Préalpes vaudoises en traversant le Bas-Valais ; c'est aussi celle qui, avec certains orages du centre du canton, est à l'origine d'un vent régional connu sous le nom de *vaudaire* dans la région du Léman. Une étude détaillée de ce vent, probablement unique en son genre en Suisse ⁽⁹⁾, m'a permis d'en distinguer plusieurs types : la vaudaire de föhn, la vaudaire succédant à une invasion d'air froid en Valais et dont elle est apparemment le reflux vers le Léman, et enfin la vaudaire d'orage qu'il me paraît utile de rappeler ici.

Ceux qui depuis Montreux, Cully ou même Lausanne ont prêté quelque attention aux orages formés dans les Alpes de Savoie et entraînés par le courant dominant vers l'Est-Nord-Est ont pu constater que, après le passage de l'averse orageuse sur le Bas-Valais, un vent du SSE à SE se lève brusquement, fraîchit rapidement puis mollit peu à peu au bout d'une heure ou deux. Le phénomène est si caractéristique et si régulier que, au vu de l'averse lointaine, on peut prévoir le début de la rafale sur le lac Léman à un quart d'heure près !

Ce vent régional n'est autre chose que l'écoulement de la masse d'air que l'orage a précipitée dans la vallée du Rhône, et cela vers la seule issue possible, c'est-à-dire vers le lac Léman. En voici quelques exemples esquissés à grands traits.

Le 25 juin 1951, j'ai eu l'aubaine d'aller à la rencontre d'un petit coup de vaudaire d'orage sur le trajet de chemin de fer de Lausanne à Sion et de traverser la masse en mouvement, voici de quelle façon. Au départ de Lausanne à 17 h. 30 j'observai une grosse averse orageuse sur le Grammont et la vallée du Rhône, se dirigeant vers l'ENE ; entre Clarens et Villeneuve le train traversa une averse de pluie alors que le tonnerre se faisait entendre derrière les Rochers de Naye ; à Territet à 18 h. 10 la vaudaire soufflait, faisant moutonner le lac, mais à Aigle déjà le vent avait cessé et le soleil avait réapparu. Dès Saint-Maurice (18 h. 40) j'observai la brise remontante normale qui avait repris après l'orage et qui se maintint jusqu'à Sion. Il avait plu entre les limites d'Evionnaz au Sud et de Clarens au Nord. Ce cas, parmi bien d'autres que j'ai notés, était celui d'une vaudaire très courte

et peu développée mais pourtant caractéristique ; entre l'apparition de l'orage en Bas-Valais vers 17 h. 30 et le début du vent sur la côte orientale du Léman il s'était écoulé trois quarts d'heure environ.

De nombreux cas de vaudaire de cette espèce observés depuis le coteau de Lavaux m'ont prouvé l'étroite relation existant entre l'averse orageuse du Bas-Valais et le coup de vent issu de cette région, se propageant sur le Léman parfois jusqu'à Morges. Les coups de vaudaire d'orage peuvent être dangereux sur le lac ; ils rappellent par leur brusquerie et leur force les coups de joran des lacs jurassiens avec lesquels ils ont peut-être une certaine parenté d'origine. Voici un exemple de violente vaudaire exposé ailleurs en détail ⁽¹⁰⁾.

Le 11 juin 1950, un orage issu de la Savoie remontait la partie centrale du Valais pour aller s'éteindre dans la région du lac des Quatre-Cantons après avoir lâché une averse mêlée de grêle, particulièrement dense au Sud de Sion et de Sierre. La hausse de pression momentanée qui débuta au passage de l'orage créa un gradient de pression dirigé du Valais vers le Léman et qui atteignit 3,3 mm. entre Sion et Lausanne vers 21 h. Dans ces conditions une forte vaudaire se mit à souffler sur le Haut-Lac (40 km./h. à Lausanne, avec pointes de 80 km./h.), causant des dégâts parmi les embarcations ancrées dans les ports de la côte suisse.

Lors des journées particulièrement orageuses, on peut observer plusieurs coups de vaudaire dans la même après-midi. Le 6 août 1952 par exemple, le vent est apparu sur le Haut-Lac vers 17 h., puis vers 18 h. et enfin vers 19 h. 30 à la suite de trois petits orages successifs venant du Sud-Ouest.

Ces quelques exemples montrent bien, je pense, l'allure du phénomène et sa relation étroite avec l'orage valaisan.

Résumé

Le Valais est relativement peu orageux. La fréquence des orages diminue le long de la vallée principale d'aval en amont ; elle diminue aussi de la chaîne des Alpes bernoises vers celle des Pennines. Les orages locaux sont en général très discrets, courts et peu énergiques ; les grains orageux sont assez rares, fortement ralentis par l'étroitesse de la passe d'entrée de Saint-Maurice et atténués dans leurs effets. Les nuages cumuliformes, vu la sécheresse de l'air dans la vallée, se forment

à partir d'une altitude passablement plus élevée que dans les pays de plaine. Le moment le plus orageux de la journée se situe en moyenne vers 17 h. (H. E. C.). Dans le climat du canton l'orage ne joue qu'un rôle secondaire ; il est cependant à l'origine de certains coups de vent très remarquables (vaudaire d'orage) dans le Bas-Valais et sur le lac Léman.

Ouvrages cités

- ¹ Annalen d. schweiz. meteor. Zentralanstalt, Zürich.
 - ² M. BOUET — La fréquence des orages dans les Alpes de la Suisse occidentale. Geof. pura et appl., vol. 25, 1953, Milano.
 - ³ E. EKHART — Geogr. u. jahreszeitl. Verteilung d. Gewittertätigkeit i. d. Alpen. Gerlands Beitr. z. Geoph., vol. 46, 1936.
 - ⁴ M. BOSSOLASCO — Distribuzione e frequenza dei temporali nell' Italia settentrionale. Geof. pura e appl., vol. 3, 1941, Milano.
 - ⁵ MAURER, BILLWILLER, HESS — Das Klima der Schweiz, 1911, Frauenfeld.
 - ⁶ HANN & SURING — Lehrbuch der Meteorologie, 4e édit., 1926.
 - ⁷ H.B. BYERS & R. BRAHAM — The thunderstorm. U. S. Dep. of commerce, Weather Bureau, 1949, Washington.
 - ⁸ M. BOUET — Le brouillard dans les Alpes valaisannes. Archiv f. Met., Geoph. u. Bioklimat., vol. 4, 1952, Wien.
 - ⁹ M. BOUET — La vaudaire du Bas-Valais et du Lac Léman (voir Bull. Soc. vaud. Sc. nat., vol 64, 1949 et Bull. Murithienne, fasc. 66, 1949).
 - ¹⁰ M. BOUET — La vaudaire du 11 juin 1951. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 65, 1951, Lausanne.
-